دراسة تأثير إضافة حبيبات بوليمر PTFE على بعض الخواص الحرارية والميكانيكية لعجينة السمنت البورتالاندي

إياد جياد جرجيس
قسم الفيزياء، كلية العلوم ، جامعة الموصل
ayadjead@yahoo.com

الخلاصة

تم في هذا البحث دراسة تأثير إضافة حبيبات بوليمر PTFE – بنسب وزنيه تراوحت بين % 2 و 4% و 6% و 8% من وزن العينات المصنعة – على معامل التوصل الحراري ومقاومة الانضغاط لعجينة الاسمنت البورتالاندي المستخدم في البناء، إذ تم حساب معامل التوصيل الحراري للعينات باستخدام قرص لي (Lee-disk) وإيجاد مقاومة الانضغاط باستخدام ماكنة من نوع Universal machine، وأظهرت النتائج بان زيادة حبيبات بوليمر PTFE يؤدي إلى تحسين قابلية العزل الحراري من خلال نقصان قيمة التوصيلية الحرارية في حين أدى إضافة تلك الحبيبات إلى تقليل قيم الخواص الميكانيكية متمثلةً بمقاومة الانضغاط وتحديد النسب الوزنية المثلى التي عندها يتم الحصول على عزل حراري جيد على إن لا يؤثر على الخواص الميكانيكية بشكل كبير.

المقدمة

تعد الخواص الميكانيكية والخواص الحرارية من الخواص الأساس المهمة التي يجب إن تؤخذ بنظر الاعتبار عند اختيار مواد البناء .وقد يؤدي تحسين إحدى هاتين الخاصيتين إلى تدهور الخاصية الأخرى. لهذا عند اختيار مواد بناء معينة يجب إن تراعى هاتين الخاصيتين معا ويترك القرا ر للمهندس لاختيار مواد بناء.

ذات عزل حراري جيد في مكانات معينة من البناء واختيار مواد أخرى ذات خواص ميكانيكية جيدة في أماكن أخرى لكي يوازن بين الخواص الميكانيكية والحرارية.

إن إضافة العازل الحراري يبدو لعامة الناس وكأنه زيادة في الكلفة ولكن باستخدامه سيوفر إضعاف كلفته لما يوفره هذا العازل من التقليل من الصرف على طاقة [1] قد وجد بان خواص السمنت البورتلاندي بصورة عامة يمكن ان تتعدل باضافة انواع مختلفة من البوليميرات[15] و[16]، كما وجد بان اضافة (mortors) يمكن ان يحسن مقاومية السمنت [17].

إن التوصيلية الحرارية هي كمية الحرارة التي تنتقل في وحدة الزمن خلال وحدة المساحة عندما يكون هناك اختلاف بين درجة حرارة السطحين الداخلي والخارجي درجة حرارية واحدة [2] ففي المواد الصلبة يتم التوصيل الحراري بانتقال الفونونات والالكترونات الحرة والتي تمتلك طاقة أعلى في منطقة معينة إلى منطقة أخرى ذات طاقة اوطا أما في المواد الفلزية الخالية نسبيا من العيوب فان انتقال الحرارة يتم بواسطة كل من الفونونات والالكترونات الحرة، وتعد الالكترونات المساهم الأكبر في عملية التوصيل الحراري في هذه المواد. أما في المواد شبه الموصلة والتي تحتوي في بنيتها على العيوب وعلى نسبه عالية من الشوائب فان الفونونات تقوم بالدور الأساس في عملية التوصيل الحراري، والالكترونات الحرة تسهم بنسبة ضئيلة في التوصيل الحراري لهذه المواد. أما في المواد العازلة فتنتقل الحرارة كليا بواسطة الفونونات وذلك لقلة الالكترونات الحرة.

وان أهم عمليات التصادم الفونونية التي تحدث داخل المادة الصلبة هي:

1. تصادم فونون مع فونون أخر.
2. تصادم فونون مع عيوب ألبلوره (كالشوائب والعيوب الناشئة عن إزاحة الذرات عن مواضعها الأصلية).
3. تصادم الفونون مع الحدود الخارجية للبلورة [10].

ومن خلال معرفتنا بالتوصيلية الحرارية يمكننا تعريف المقاومة الحرارية على أنها الممانعة التي تبديها المادة لانتقال الحرارة خلالها لكل وحدة زمن ووحدة مساحة عند وجود فرق درجات حرارية واحدة بين سطحيها وهي معكوس للموصيلة

الحرارية Thermal conductivity وتقاس بوحدات (KW\ m^2).

ويعرف العازل الحراري على انه مادة أو مجموعة مواد تقوم بإعاقة أوانتقال الطاقة الحرارية خلالها، وتتكون هذه المواد من ألياف أو جسيمات أو صفائح أو أغشية، وان العازل الحراري يعمل على تقليل انتقال الحرارة خلاله، وكذلك يعمل على السيطرة على درجات الحرارة في العمليات الكيميائية أو الأجهزة وتقليل الضوضاء والاهتزازات [1]. كما يعمل على منع تكثيف البخار داخل الأبنية وتقليل تمدد وتقلص المنشأت [11].

كما تعد مقاومة المواد الإنشائية للانضغاط من أهم العوامل الرئيسة والتي يمكن التعبير بوساطتها عند مدى جودة المادة البنائية ومدى تحملها للأثقال المسلطة عليها [4]. يتم تسليط قوى الانضغاط على أي جزء من مادة بنائية بتسليط قوى دفع على هذه الوحدات، إن هذه القوى تعمل على توليد قوى داخلية داخل هذه المواد تتفاعل مع القوى الخارجية المسلطة عليها، تتسبب هذه القوى الخارجية بتقارب الجزيئات داخل المادة البنائية، مما يؤدي إلى التقلص في الطول وزيادة في العرض [5]. إن مدى تحمل أية وحدة بنائية للقوى الخارجية المسلطة عليها يقاس بالقوى المسلطة على وحدة المساحة، وعليه فان مقاومة الانضغاط تعطى بالعلاقة الآتية:

$$\sigma = F/A$$

إذ إن σ تمثل مقاومة الانضغاط، و F تمثل القوى المسلطة، و A تمثل المساحة. ويعبر عن مقاومة الانضغاط بوحدات الميكاباسكال (MP_a) حيث إن ($1MP_a=10^6 N/m^2$)، in(SI)unit ولكي تكون مادة الوحدة البنائية ذات مقاومة عالية للانضغاط فانه يجب إن تكون المادة ذات كثافة عالية [4]. إن المواد الإضافية والشوائب تعمل على زيادة عدد الفجوات والمسامات في المواد البنائية الناتجة، إن وجود الفجوات يعني ضعف مقاومة هذه المواد للقوى المسلطة عليها. ومن العوامل الأخرى المؤثرة على مقاومة الانضغاط هي حجم الفراغات في المواد الناتجة، وطبيعة سطحها الخارجي.

التقنية التجريبية والمواد المستخدمة
Experimental Technique and Materials

تم تهيئة كافة المواد اللازمة لانجاز هذه الدراسة من المواد الشائعة الاستعمال في العراق. وحفظت هذه المواد داخل المختبر بكميات كافية لضمان عدم تغير مصادرها ونوعيتها، وذلك لغرض حصر العوامل المؤثرة على خواص السمنت بما هو محدد في هذه الدراسة. كما تم تهيئة كافة القوالب والأجهزة التي تم استخدامها قبل البدء بالعمل. يعد السمنت المادة الرئيسة التي استخدمت في هذه الدراسة والمواد المضافة.

تحضير العينات Preparation of samples

تم تهيئة كافة القوالب التي استخدمت في هذه الدراسة محليا، وكانت على شكل أقراص دائرية بمعدل قطر 11.25 cm، ومعدل سمك 0.75 cm مصنوعة من مادة الحديد لدراسة الخواص الحرارية. وتم استخدام العديد من الأدوات الأخرى في هذه الدراسة ومنها وعاء لعملية المزج، واسطوانة مدرجة لتحديد حجم الماء المستخدم، ومازجة يدوية، وقطع زجاجية، وميزان حساس. أجريت عمليات تحضير العينات ولكافة المجاميع في الفترة الواقعة بين شهري أيلول وآذار. وكانت درجات الحرارة في شهر أيلول $30\ C^0$. وتمت عمليات خلط المكونات الأساس الداخلة في تركيب العينة استنادا إلى المواصفات القياسية العراقية وبالاعتماد على البحوث المنشورة حديثا [14]. تم تثبيت نسب كافة المواد المستعملة في عمليات تحضير العينات من اجل حصر المتغيرات في هذه الدراسة وكان المتغير الوحيد هو النسبة الوزنية المئوية للمادة المضافة (حبيبات بولمير PTFE).

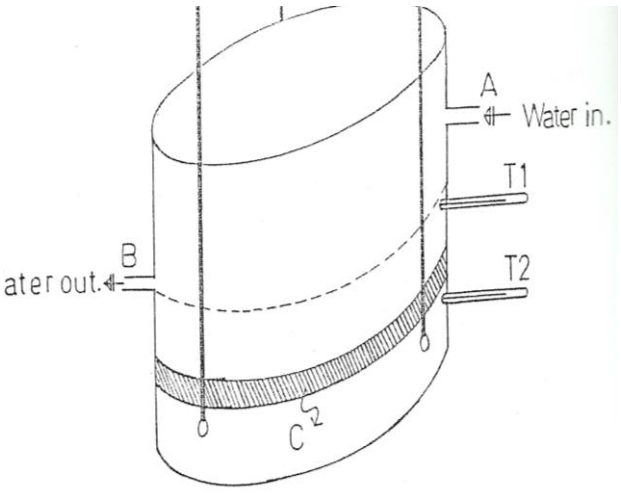
توضع المواد الأولية، بعد ذلك يضاف الماء وتخلط المواد لمدة دقيقة واحدة، وبعد ذلك يضاف الماء وتخلط المواد لمدة دقيقتان ومن ثم تقلب الخلطة وخاصة في حافات حوض الخلاطة للتأكد من خلط كافة المواد فيما بينها، ثم تخلط لمدة تصف دقيقة أخرى [9]. بعد إحكام ترابط أجزاؤها بطبقة رقيقة من الزيت لمنع التصاق المادة بالقوالب بعد عملية الجفاف، ومن ثم تترك هذه النماذج لمدة (24) ساعة قبل فتح القوالب، بعدها يتم فتح القوالب وتوضع كافة العينات في ماء المعالجة لمدة (7) أيام، إما عينات قياس معامل التوصيل الحراري فأنها تترك لمدة شهر في المختبر لضمان عملية جفافها.

الأجهزة المختبرية وطرائق القياس

Apparatus and procedures

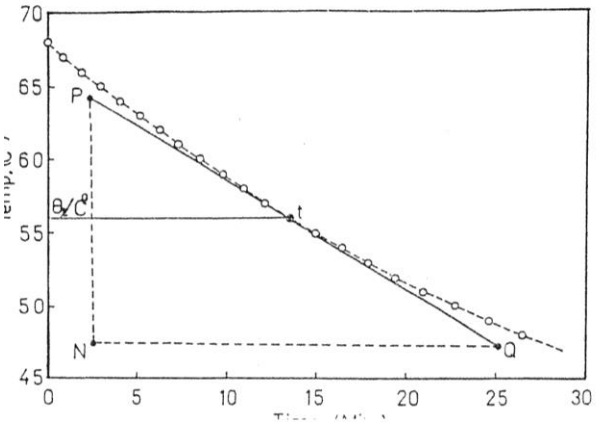
1- قياس معامل التوصيل الحراري

لغرض إجراء القياسات الاستاتيكية يتم صقل سطحي العينة لأجل زيادة التوصيل بينها وبين سطحي المعدنين الملامسين لها، ثم نضع المحرارين T_1,T_2 في المكانين المخصصين لهما، وكما يبدو بالشكل (1). يتم تمرير بخار الماء من الأنبوب A وإخراجه من الأنبوب B. نستمر في تمرير بخار الماء إلى حين حصول حالة التوازن الحراري وهي ثبوت درجة الحرارة في المحرار السفلي T_2 وقراءته θ_2.



الشكل (1) قرص لي المستخدم في قياس التوصيلية الحرارية.

إما إجراء القياسات الديناميكية فيتم برفع القرص العازل ويستخدم النصف العلوي من الجهاز في رفع درجة حرارة القرص السفلي حوالي ($10\ C^0$) أعلى من درجة الحرارة الثابتة (θ_2) والتي تم قياسها في التجربة الأولى. ثم ندع القرص يبرد ذاتيا في الهواء إلى حوالي ($10C^0$) اقل من(θ_2) مع تسجيل الوقت لكل درجة حرارة. ثم نرسم منحني التبريد لقيم درجة الحرارة مع الزمن. والشكل(2) يوضح منحني التبريد للعينة. ومن هذا المنحني يمكن إيجاد معدل كمية الحرارة التي يشعها القرص إلى الهواء عند درجة الحرارة θ_2.



الشكل (2) منحني التبريد للعينة.

لأجل إجراء الحسابات الخاصة بالتوصيلية الحرارية يجب تسجيل قطر القرص (D) وسمك القرص (d) كتلة القرص المعدني السفلي (M) والحرارة النوعية للقرص المعدني السفلي (C).

إن معدل سريان الحرارة خلال الموصل للحرارة تعطي بالمعادلة الآتية:

$$dQ/dt=K_L.\ \pi\ (D/2)^2.(\theta_1-\theta_2)/d \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

إما معدل إشعاع الحرارة من قبل القرص المعدني السفلي إلى الهواء , فانه يعطي بالمعادلة الآتية :

$$dQ/dt=\ M.C.dT/dt \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

إذ إن C تمثل الحرارة النوعية للقرص المعدني السفلي و M تمثل كتلة القرص المعدني السفلي، وعندما يتحقق شرط التوازن الحراري Thermal equilibrium فان المعادلة (1) و(2) تتساويان، أي أن:

$$K_L.\ \Pi\ (D/2)^2.\ (\theta_1-\theta_2)/d=\ M.C.dT/dt \quad \ldots\ldots\ldots (3)$$

أي إن:

$$(\theta_1-\theta_2)/d.1/4.\ \pi\ D^2.K_L=M.C.(Slope)/60 \quad \ldots\ldots (4)$$

K_L: معامل التوصيل الحراري.

نجد ميل المماس للمنحي dT/dt عند قيمة درجة الحرارة المساوية لـ θ_2، والذي يمثل معدل انخفاض درجة الحرارة بوحدات C^0/min. عندما كانت درجة حرارة القرص السفلي

(θ_2) ثابتة أي إثناء التجربة عندما تحقق شرط التوازن الحراري .

وعليه فان جميع الكميات معرفة باستثناء K_L، والذي يمثل معامل التوصيل الحراري للعينة عند درجة الحرارة θ_2 [8].

وتم استخدام الحاسوب لإيجاد أفضل معادلة لمنحني التبريد لجميع العينات قيد الدراسة والتي منها يمكن إيجاد الميل عند درجة الحرارة θ_2 ومن ثم إيجاد قيمة K_L بوحدات (W/cm.k)

$$K_L=M.C.(Slope/\pi.60)(2/D)^2.d/(\theta_2-\theta_1) \quad \ldots\ldots (5)$$

2-قياس مقاومة الانضغاط

استخدمت ماكنةاختبار من نوع Universal testing machine ذات سعة (50000kg) لقياس مقاومة الانضغاط، بحسب المواصفة البريطانية 1881 رقم 116 لسنة 1983، حيث توضع العينة بين لوحي الماكنة بطريقة يكون الحمل مسلط على وجهيها ويتم تسليط الحمل إلى إن تفشل مقاومة العينة، 1ذ تسجل الماكنة قيمة أقصى حمل سلط على العينة .

النتائج والمناقشة

الخواص الحرارية Thermal properties

يوضح الشكل (3) منحنيات التبريد لجميع العينات بمختلف تراكيزها وبالاستفادة من تلك المنحنيات تم حساب معامل التوصيل الحراري لكل عينة إذ اظهرت تلك المنحنيات سلوك متماثل لجميع العينات ولكن بقيم مختلفة ,كما يوضح الشكل (4) علاقة التوصيل الحراري مع النسب الوزنية لحبيبات بولمير PTFE المضافة إلى عجينة السمنت، إن ظهور التباعد لبعض نقاط النتائج يعزى في بعض جوانبه إلى التوزيع غير المتجانس لهذا المواد في عجينة السمنت مما يؤدي إلى عدم التماثل في عدد الفجوات لوحدة الحجم وبالتالي اختلاف نقاط العينة الواحدة في الكثافة وهذا بدوره سيؤدي إلى التباين لبعض قيم معامل التوصيل الحراري لبعض عينات السلسلة الوحدة. ويوضح هذا الشكل أيضا إن معامل التوصيل الحراري يقل بزيادة النسبة الوزنية المئوية للمواد المضافة وان معامل التوصيل الحراري لعجينة السمنت النقية يمتلك أعلى قيمة ثم يبدأ بالنقصان مع زيادة تركيز حبيبات بولمير PTEF المضافة. إن تناقص معامل التوصيل الحراري يعزى إلى سببين رئيسين هما: أولا زيادة تركيز هذه المواد داخل عجينة السمنت يعمل على زيادة الفجوات والمسامات داخل العينة، وثانيا إلى امتلاك المواد المضافة معامل توصيل حراري اقل من معامل التوصيل الحراري لمادة عجينة السمنت [6]، لذلك فإنها تعمل على خفض معامل التوصيل الحراري للعينات الناتجة. يتكون معامل التوصيل الحراري السائد (الرئيس) لعجينة السمنت من معاملات التوصيل الحراري لمركباته وهي اكاسيد السليكون والألمنيوم والحديد والكالسيوم، وتمتاز هذه المركبات وخصوصا اكاسيد الحديد والألمنيوم بامتلاكها لمعامل توصيل حراري عالي [7]، إما بعد إضافة الحبيبات البوليمرية فان معامل التوصيل الحراري للخليط غير المتجانس يتكون من مساهمة هذه المواد كل على حده مما يؤدي إلى خفض معامل التوصيل الحراري الكلي. ويستمر هذا التناقص كلما ازدادت النسب الوزنية للمواد المضافة. كما يوضح الشكل (4) إن معدل انخفاض معامل التوصيل الحراري يكون كبيرا في البداية لجميع المواد ثم يبدأ بالتناقص بصورة تدريجية بزيادة النسبة الوزنية المئوية للمواد المضافة. واعتمادا على النتائج المعروضة يمكن تأشير بعض النقاط المهمة ومنها.

أولا: أن تأثير حبيبات البولمير المضافة إلى السمنت أدت إلى خفض معامل التوصيل الحراري بشكل عام.

ثانيا: إن معدل انخفاض معامل التوصيل الحراري لجميع العينات مع زيادة النسبة الوزنية للمادة المضافة يكون كبيرا في البداية. إن معدل الانخفاض الكبير هذا يستمر إلى نسبة وزنية معينة خاصة بكل مادة من المواد المضافة ثم يبدأ بالتناقص بعد هذه النسبة.كما ويعزى السبب في إن العينات ذات النسب الوزنية القليلة (2%,4%) تكون أكثر فعالية إلا إن إضافة هذه المواد إلى عجينة السمنت يعمل على زيادة عدد الفجوات والمسامات داخل العينة بشكل كبير عما هو علية في عجينة السمنت النقية. وقد يكون لتوزيع هذه الفجوات والمسامات وعددها تأثيره الفعال على أعاقة سريان الطاقة الحرارية خلال المادة، إذ نعتقد إن هذه الفجوات تكون مفصولة بعضها عن البعض ومتناثرة بشكل عشوائي خلال المادة الرئيسة (السمنت) للنسب الوزنية القليلة (اقل من 4%)

وان زيادة تلك النسبة سيؤدي إلى اتصال الفجوات والمسامات المتكونة بعضها ببعض وستتكون مناطق داخل العينة لا تشكل مادة السمنت مادتها الرئيسة ولايمكن اعتبار المادة المضافة كمادة شائبة.

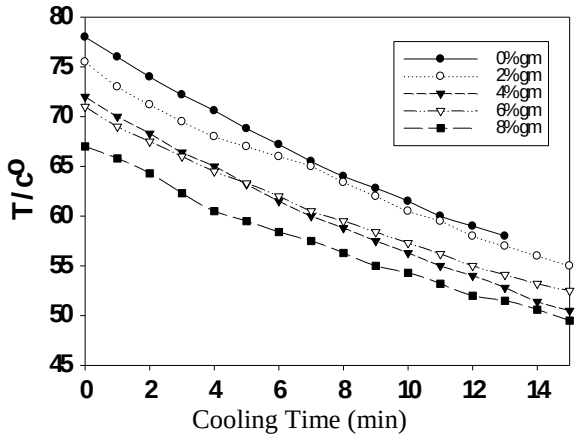
الخواص الميكانيكية Mechanical properties

إن علاقة مقاومة الانضغاط مع النسبة الوزنية لحبيبات البوليمر المضافة يوضحها الشكل (5)، كما يوضح الشكل (6) علاقة النسب الوزنية للحبيبات البوليمرية مع زمن انهيار (فشل) العينات ومدى تحمل كل عينة للضغط العمودي المسلط عليها. إذ نجد إن مقاومة الانضغاط يقل بزيادة النسبة الوزنية للمواد المضافة وتأتي نتائج تأثير الحبيبات البوليمرية المضافة إلى عجينة السمنت على مقاومة الانضغاط متطابقة مع نتائج تأثير تلك المواد على معامل التوصيلية الحرارية، ان الانخفاض في متوسط مقاومة الانضغاط مع زيادة نسبة المواد المضافة يمكن إن يعزى إلى نفس الأسباب التي أدت إلى الانخفاض في متوسط معامل التوصيل الحراري لنفس المواد، وهي زيادة عدد الفجوات والمسامات داخل العينة مما يؤدي إلى انخفاض متوسط كثافة المادة الرئيسة، إما التباين في تأثير المادة المضافة فيرجع إلى الاختلاف في قوة الالتصاق بين المادة المضافة وعجينة السمنت والتي تكون كبيرة للسطح الخشن الملمس ذو النتوءات الجانبية أو المتشعبة.

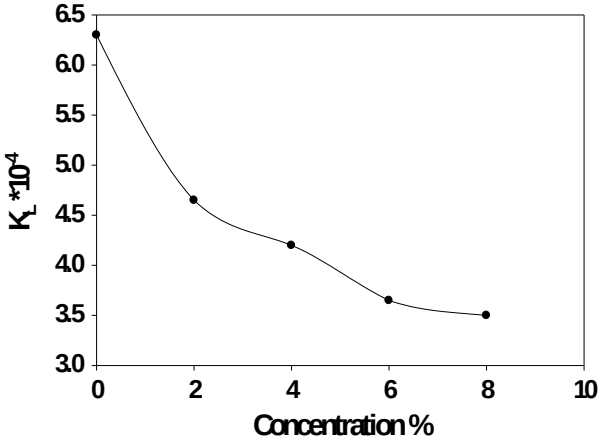
الاستنتاجات

من اهم النتائج التي تم التوصل إليها ما ياتي:

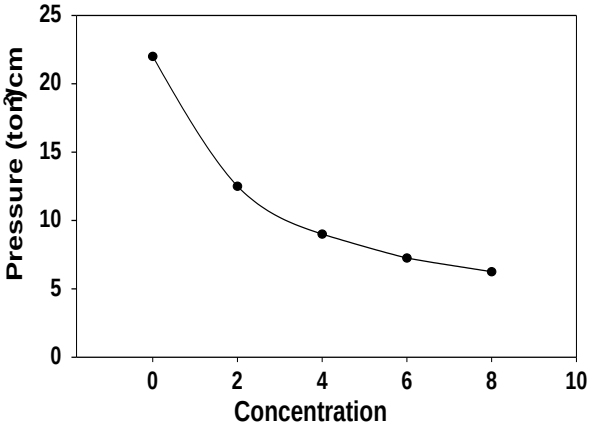
1. إن قيم معامل التوصيل الحراري ومقاومة الانضغاط تتناقص مع زيادة النسبة الوزنية المئوية للمواد البوليمرية (حبيبات PTFE) المضافة إلى عجينة السمنت.
2. يفضل إن لاتتجاوز نسبه إضافة الحبيبات أكثر من 4% تقريبا. علما ان تلك النسبة (4%) حسنت خواص العزل الحراري.



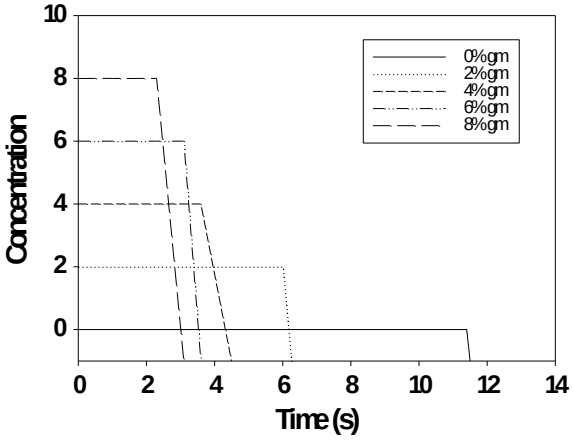
الشكل (3) منحنيات التبريد لعينات السمنت البورتلاندي باضافات مختلفة من حبيبات بوليمر PTFE.



الشكل (4) العلاقة بين النسب الوزنية ومعامل التوصيل الحراري.



الشكل (5) العلاقة بين النسب الوزنية للمضافات البوليمرية الى السمنت ومقاومة الانضغاط.



الشكل (6) العلاقة بين النسب الوزنية وزمن الانهيار.

المصادر

[1] صائغ. اسطيفان عبد الله، كنونة. مثنى عبد الكريم، حبيب. تكين محمد، جمال. طيف زياد وجواد. فائزة سعدي "دليل العزل الحراري"، المركز القومي للاستشارات الهندسية–اللجنة الاستشارية للطاقة–اللجنة الفرعية للعزل الحراري، طبعة جديدة ومنقحة، بغداد–العراق (1989).

[2] الجمال. يحيى نوري، "فيزياء الحالة الصلبة"، دار الكتب للطباعة والنشر– جامعة الموصل– العراق (1990).

[3] ساكو. زهير وليفون. ارتين، "إنشاء المباني"، دار الكتب للطباعة والنشر– جامعة الموصل– الموصل– العراق (1990).

[4] الدرويش. إبراهيم علي، "الخلطات الخرسانية" مجموعة الكتب الهندسية (18)، منشأة المعارف– الاسكندرية– مصر (1975).

[5] الطعان. سعد علي، "أساسيات الخرسانة المسلحة"، دار الكتب للطباعة والنشر– جامعة الموصل– الموصل– العراق (1993).

[6] النجار. لطيف حاجي حسن وتوفيق. سمير فؤاد علي، "تكنولوجيا الخشب–الجزء الأول"، دار الكتب للطباعة والنشر– جامعة الموصل– الموصل– العراق (1981).

[7] حنا. ثامر حكمت، "تأثير درجات حرارة المعالجة المتعاقبة على بعض خواص الخرسانة"، رسالة ماجستير غير منشورة، هندسة مدنية– كلية الهندسة– جامعة الموصل– العراق (1996).

[8] ارمتياج. أي، "الفيزياء العملية بوحدات SI" ترجمة د.ادمون طوبيا جورج، دار الكتب للطباعة والنشر–جامعة الموصل– الموصل– العراق (1986).

[9] مجموعة المواصفات القياسية – هيئة المواصفات والمقاييس العراقية. المواصفة رقم 50 والمواصفة 52 لسنة (1970).

[10] Parrott J.E. and Struckers A.D., "Thermal Conductivity of Solids," Poin Press-London (1976).

[11] Mills.K.C, Susa.Mand Lud low.V, "Heat Transfer Through The Infiltrated Slag Layer", 13th PTD Confereace Proceeding (1995).

[12] Cook.D.J, "Conerete and Cement Compsites Reinforced With Natural Fibres", From Concrete International- The Construction Press Landon.P.90 (1980).

[13] Troxell Geoge Ear, Davis. Harmer E. and KellyToe W., "Compasition and properties of conerete," Mc Graw-Hill, Book Company, Second Edition, New York-U.S.A (1968).

[14] William G. Fateley, Dr. Nathan Chaffin "Development of a field-Portable near-infrared water-cement ratio meter," U.S.A Kansas (1999).

[15] Sivakumar.M.V.N, "Effect of Polymer modification on mechanical and structural properties of concrete– An experimental investigation," International Journal of Civil and Structural Engineering, Vol. 1, India (2011).

[16] Aggarwal, L. K., Thapliyal, P.C. and Karade, S. R., "Properties of polymer modified mortars using epoxy and acrylic emulsion," Journal of Construction and Building Materials, Vol. 21, (2007).

[17] Ling Chao Lu, Yun Chao Li, Shou De Wang, Xiang Yang Guo, "Study on resistance to sulphate attack of polymer modified sulphoaluminate cement," Advanced Materials Research, Vol. 79 - 82 Trans Tech Publications, Switzerland (2009).

Abstract

In this study, the effect of adding polymer grains (PTFE)- with different concentrations 2%, 4%, 6% and 8% of the weight of the

samples which have been made- on the thermal conductivity coefficient and compressive resistivity of Portland cement paste that used in the building has been investigated. The thermal conductivities of the samples have been measured by using Lee-disk; while the compressive resistivities have been found by using Universal machine. The results indicate that the addition of the polymer grains (PTFE) lead to enhance the ability of thermal insulation via decreasing the value of the thermal conductivities of the samples; while adding of these grains of polymers lead to decrease in the mechanical properties values which is presented by compressive resistivity. The ideal concentrations of the polymer grains which have good thermal insulations have been specified without the high effects of the mechanical properties.